

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 197 03 661 A 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
B 23 K 26/00  
A 61 B 17/36  
A 61 F 9/013

21 Aktenzeichen: 197 03 661.9  
22 Anmeldetag: 31. 1. 97  
43 Offenlegungstag: 7. 8. 97

30 Unionspriorität:

P 8-38975 31.01.96 JP

71 Anmelder:

Nidek Co., Ltd., Gamagori, Aichi, JP

74 Vertreter:

Kuhnen, Wacker & Partner, Patent- und  
Rechtsanwälte, 85354 Freising

72 Erfinder:

Sumiya, Toshifumi, Aichi, JP

54 Ablationsvorrichtung

57 Ablationsvorrichtung zum effizienten Entfernen eines lediglich konvexen Teils auf einer rauhen Oberfläche innerhalb kurzer Zeit, bei der vorgesehen ist ein optisches System zum Aussenden von Licht, um einen Laserstrahl auf ein zu ablatierendes Objekt von einer Laserstrahlquelle auszusenden, wobei der Laserstrahl eine flache rechteckige Form aufweist, eine Strahlbewegungseinheit zum Bewegen des Laserstrahls in eine Richtung, die die optische Achse des optischen Systems zum Aussenden von Licht schneidet, eine Unterteilungs- und Abschirmeinheit zum selektiven Unterteilen einer langseitigen Richtung des Laserstrahls, dessen Querschnitt eine rechteckige Gestalt ist, und zum selektiven Abschirmen derselben, eine Dateneingabeeinheit zur Eingabe von Daten, die sich auf einen Ablationsbereich des Objektes beziehen, und eine Steuerungseinheit zum Steuern des Zustandes, welcher durch das Abschirmen aufgrund der Unterteilungs- bzw. Abschirmeinheit an entsprechende Stellen des Laserstrahls hervorgerufen wird, welcher wiederum durch die Strahlbewegungseinheit aufgrund der eingegebenen Daten bewegt wird, die unter Verwendung der Dateneingabeeinheit eingegeben wurden, wobei die konvexen Teile des Objektes, dessen Oberfläche rauh ist, von dem Laserstrahl durch die Unterteilungs- und Abschirmeinheit und der Strahlbewegungseinheit ablatiert wird.

DE 197 03 661 A 1

DE 197 03 661 A 1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Ablationsvorrichtung zum Ablatieren bzw. Abschmelzen und Entfernen eines konvexen Teils auf einer rauen Oberfläche eines Objektes, und insbesondere eine Ablationsvorrichtung, die geeignet ist, Unebenheiten bzw. Rauigkeiten auf der Oberfläche einer Kornea zu korrigieren, indem selektiv lediglich der konvexe Teil auf der Oberfläche der Kornea entfernt wird, welche einen unregelmäßigen Astigmatismus oder dergleichen aufweist.

Kürzlich ist allgemein bekannt geworden, daß eine PRK (Photobrechende Exzession der Hornhaut; "Photorefractive Keratectomy") dazu herangezogen wird, eine Ametropie bzw. Fehlsichtigkeit des Auges zu korrigieren, indem die Oberfläche der Kornea mit einem Laserstrahl ablatiert und somit die Krümmung des Auges verändert wird, und eine PTK (Phototherapeutische Exzession der Hornhaut; "Phototherapeutic Keratectomy") dafür verwendet wird, eine Entzündung auf der Oberfläche der Kornea zu entfernen, indem mit einem Laserstrahl ablatiert wird. Die Ablation bzw. Abtragung durch den Laserstrahl, um die PRK und PTK auszuführen, wurde anhand der folgenden drei Methoden durchgeführt.

Die erste Methode besteht darin, ein vorbestimmtes Gebiet mithilfe eines Laserstrahls mit einem großen Bereich vollständig auf einmal zu ablatieren. Die zweite Methode besteht darin, ein vorbestimmtes Gebiet zu ablatieren, indem ein rechteckförmiger Laserstrahl bewegt bzw. verfahren wird. Und die dritte Methode darin besteht, ein vorbestimmtes Gebiet zu ablatieren, indem man mit einem schmalen Spott zweidimensional abtastet.

Allerdings ist die menschliche Kornea nicht immer gleich einer kugelförmigen Oberfläche oder einer torischen bzw. wulstförmigen Oberfläche, sondern die Oberfläche der Kornea erscheint teilweise uneben bzw. rauh aufgrund des unregelmäßigen Astigmatismus und dergleichen. Falls jedoch versucht wird, die Oberfläche der Kornea einer kugelförmigen Oberfläche bzw. einer torischen Oberfläche durch Ablatieren mit einem Laserstrahl gleichzumachen, entstehen derartige Nachteile, welche vielmehr Zeit in Anspruch nehmen. Diese Nachteile entstehen insbesondere im Fall der ersten Methode, die einen Strahl mit einem großen Bereich verwendet, oder der zweiten Methode, die den rechteckigen Laserstrahl bewegt, da jeder konvexe Teil nacheinander auf eine Art entfernt werden muß, bei der der Bestrahlungsbereich auf den konvexen Teil angepaßt werden muß.

Demgegenüber können im Fall der dritten Methode, bei der mit einem kleinen Spott abtastet wird, verglichen mit der ersten und zweiten Methode die konvexen Teile in einer kürzeren Zeit entfernt werden und das Entfernen durch Abtasten und durch selektives Ablatieren lediglich des konvexen Teils durchgeführt werden. Wenn allerdings viele konvexe Teile, die ablatiert werden sollen, vorhanden sind, entstehen ebenso Nachteile, die relativ viel Zeit benötigen.

Die vorliegende Erfindung entstand angesichts der obengenannten Umstände und hat zur Aufgabe, die obengenannten Probleme bzw. Nachteile zu vermeiden und eine Ablationsvorrichtung zu schaffen, die die Fähigkeit besitzt, lediglich einen konvexen Teil auf der rauen Oberfläche effizient in einer kurzen Zeit zu entfernen.

Weitere Aufgaben und Vorteile der Erfindung wer-

den im folgenden teilweise in der folgenden Beschreibung erläutert und teilweise durch die Beschreibung nahegelegt, oder können bei der Anwendung der Erfindung erlernt werden. Die Aufgaben und Vorteile der Erfindung werden mittels des Instrumentariums und der Kombinationen verwirklicht und erreicht, die durch die abhängigen Ansprüche hervorgehoben werden.

Um die Aufgabe im Sinne der Erfindung zu lösen, die hierin aufgenommen und ausführlich beschrieben ist, enthält eine Ablationsvorrichtung ein optisches System zum Aussenden von Licht, um einen Laserstrahl auf ein zu ablatierendes Objekt auszusenden, dessen Querschnitt auf einer senkrecht zur optischen Achse angeordneten Fläche eine schlanke rechteckige Form aufweist, eine Strahlbewegungseinheit, um den Laserstrahl in einer Richtung zu bewegen, die die optische Achse des optischen Systems zum Aussenden von Licht schneidet, eine Unterteilungs- bzw. Abschirmeinheit zum selektiven Unterteilen einer langseitigen Richtung bzw. Seite des Laserstrahls, dessen Querschnitt eine Rechteckform aufweist, und zum selektiven Abschirmen desselben, eine Dateneingabeeinheit zur Eingabe von Daten, die sich auf den Ablationsbereich auf dem Objekt beziehen, und Steuerungseinheiten zur Steuerung des Zustands, der durch das Abschirmen mittels der Unterteilungs- und Abschirmeinheit an entsprechenden Positionen auf dem Laserstrahl hervorgerufen wird, welcher wiederum durch die Strahlbewegungseinheit aufgrund der eingegebenen Daten bewegt wird, die unter Verwendung der Dateneingabeeinheit eingegeben wurden, wobei die konvexen Teile des Objekts, dessen Oberfläche rauh ist, durch den Laserstrahl ablatiert werden, der wiederum durch das optische System zum Aussenden von Licht ausgesendet wird.

Die Ablationsvorrichtung enthält in einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein optisches System zum Aussenden von Licht, um einen derartigen Laserstrahl auf ein zu ablatierendes Objekt auszusenden, wobei der Laserstrahl einen Querschnitt mit einer schlanken rechteckigen Gestalt aufweist, die in einer Richtung eine nahezu gleichförmige Intensitätsverteilung und in einer anderen Richtung eine Gaußverteilung aufweist, eine Strahlbewegungseinheit zum Bewegen des Laserstrahls in Richtung der Gaußverteilung des Strahls relativ zu der optischen Achse des optischen Systems zum Aussenden von Licht, eine Unterteilungs- und Abschirmeinheit zum selektiven Unterteilen einer langseitigen Richtung des Laserstrahls, dessen Querschnitt eine Rechteckform aufweist, und zum selektiven Abschirmen desselben, eine Dateneingabeeinheit zur Eingabe von Daten, die sich auf einen Ablationsbereich des Objektes beziehen, eine Steuerungseinheit zur Steuerung der Bedingung, die durch das Abschirmen mittels der Unterteilungs- und Abschirmeinheit an entsprechenden Stellen des Laserstrahls hervorgerufen wird, der durch die Strahlbewegungseinheit aufgrund der Daten bewegt wird, welche unter Verwendung der Dateneingabeeinheiten eingegeben werden, wobei konvexe Teile des Objektes, dessen Oberfläche rauh ist, durch den Laserstrahl ablatiert werden, welcher durch das optische System zum Aussenden von Licht ausgesendet wird.

Erfindungsgemäß ermöglicht die Vorrichtung — wie oben beschrieben — das Ablatieren von konvexen Teilen auf einer rauen Oberfläche eines Objektes effizient in einer kurzen Zeit.

Die beigefügten Zeichnungen, welche in die Beschreibung eingearbeitet sind und somit einen Teil der Be-

schreibung bilden, stellen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung dar und dienen zusammen mit der Beschreibung dazu, die Aufgaben, Vorteile und Prinzipien der Erfindung zu erläutern. Gemäß der Zeichnung zeigt bzw. zeigen:

Fig. 1 ein Blockdiagramm, das eine schematische Anordnung des optischen Systems und einen schematischen Aufbau des Steuerungssystems der bevorzugten Ausführungsform zeigt;

Fig. 2 ist eine Übersicht, die eine typische Form eines Excimer-Laserstrahls zeigt;

Fig. 3(a) und 3(b) Ansichten zur Erläuterung einer Gestaltungsform und eines Öffnungs- und Schließmechanismus für die unterteilten Masken;

Fig. 4(a) und 4(b) Ansichten zur Erläuterung weiterer Öffnungs- und Schließmechanismen für unterteilte Masken;

Fig. 5 eine Ansicht, die eine Kornea mit konvexen Teilen darstellt, um eine Arbeitsweise zu beschreiben, welche selektiv lediglich konvexe Teile der Kornea entfernt;

Fig. 6(a) bis 6(f) Ansichten zur Erläuterung eines Ablationsvorganges, mit dem die konvexen Teile der in Fig. 5 gezeigten Kornea ablatiert werden.

Eine ausführliche Beschreibung einer bevorzugten Ausgestaltung einer Ablationsvorrichtung, die die vorliegende Erfindung enthält, wird unter Bezugnahme auf die Zeichnungen im folgenden beschrieben. Fig. 1 ist ein Blockdiagramm, welches eine schematische Anordnung eines optischen Systems und einen schematischen Aufbau eines Steuerungssystems einer bevorzugten Ausgestaltung zeigt.

Mit 1 ist eine Laserstrahlquelle gekennzeichnet, wobei in der bevorzugten Ausgestaltung eine Excimerlaserquelle mit einer Wellenlänge von 193 nm verwendet wird. Der Excimerlaserstrahl, welcher von der Laserstrahlquelle 1 ausgesendet wird, ist eine Pulswelle. Unter Bezugnahme auf Fig. 2, welche die typische Form der Laserstrahlquelle zeigt, weist die Intensitätsverteilung eine nahezu gleichförmige Verteilung  $F(W)$  in horizontaler Richtung (X-Achsen-Richtung) und eine Gauß-Verteilung  $F(H)$  in der vertikalen Richtung (Y-Achsen-Richtung) auf. Ebenso ist der Querschnitt der Laserstrahlquelle auf einer Normalfläche relativ zu einer optischen Achse projiziert von schlanker rechteckiger Form.

Der Laserstrahl, der von der Laserstrahlquelle 1 ausgesendet wird, wird in eine gewünschte Rechteckform durch eine Strahlformeinheit, beispielsweise einer Aufweitungslinse oder dergleichen je nach angeforderter Gegebenheit gebildet.

Mit dem Bezugszeichen 2 ist ein Planspiegel gekennzeichnet, um den Laserstrahl um 90° nach oben umzuleiten, welcher von der Laserstrahlquelle 1 in einer horizontalen Richtung ausgesendet wird. Mit dem Bezugszeichen 3 ist eine unterteilte Maske gekennzeichnet, um den Laserstrahl in horizontaler Richtung (X-Achsen-Richtung) zu unterteilen und den unterteilten Laserstrahl teilweise zu unterbrechen, wobei die zu unterbrechenden Teile selektiv durch eine Antriebseinheit 4 für die unterteilte Maske geändert werden. Wird die unterteilte Maske 3 aus der Sicht der Laserstrahlquelle betrachtet, so entsteht — wie in Fig. 3(a) gezeigt — eine Gestaltungsform, bei der viele streifenförmige Masken angeordnet sind, wobei durch ein entsprechendes Öffnen und Schließen dieser streifenförmigen Masken die langseitige Richtung des schlanken Rechtecklaserstrahls teilweise abgetrennt bzw. abgeschirmt werden

kann. Hinsichtlich des Öffnens oder des Schließens jeder streifenförmigen Maske wird — wie in Fig. 3(b) gezeigt — jede streifenförmige Maske durch den Rotationsmechanismus gedreht, so daß die unterbrechenden Teile selektiv geändert werden können. Das bedeutet, der Laserstrahl, der durch die unterteilte Maske hindurchtritt, enthält eine derartige Form, indem die Verschlussteile der Maske teilweise durch das Öffnen und Schließen jeder streifenförmigen Maske selektiv schließen. Ferner werden die Öffnungs- und Schließvorgänge für die streifenförmigen Masken durch Drehen derselben sowie durch Verschieben der Maske in einer zu dem Laserstrahl vertikalen Richtung — wie in Fig. 4(a) und Fig. 4(b) gezeigt — vorgenommen.

Der Laserstrahl, der durch die unterteilte Maske 3 hindurchtritt, wird in horizontaler Richtung durch einen Planspiegel 5 ge- bzw. verändert. Der Planspiegel 5 kann in einer vertikalen Richtung (die Richtung, welche durch einen Pfeil gekennzeichnet ist) durch die Spiegelantriebseinheit 6 bewegt werden, wobei der Laserstrahl parallel zur Richtung der Gauß-Verteilung zum gleichmäßigen Entfernen eines Objekts bewegt wird. Da weitere Details, welche sich auf diesen Punkt beziehen, in der japanischen Veröffentlichung Nr. HEI 4(1992)-242644 (mit dem Titel "ABLATION APPARATUS FOR ABLATING AN OBJECT BY LASER BEAM", welcher der US Patent Nr. 5,507,799 entspricht) erwähnt ist, wird diese Druckschrift hier zitiert.

Mit Bezugszeichen 7 ist ein Bildrotator bezeichnet, welcher derart angetrieben wird, um um eine optische Achse L durch eine Bildrotationsantriebsvorrichtung 8 gedreht zu werden, damit der Laserstrahl um die optische Achse gedreht wird. Mit Bezugszeichen 9 ist eine variable bzw. einstellbare Kreisöffnung bezeichnet, mit der der Ablationsbereich eingeschränkt wird, wobei der Öffnungsdurchmesser der Öffnung 9 durch eine Öffnungsantriebseinrichtung 10 variiert wird. Mit Bezugszeichen 11 ist eine Projektionslinse bezeichnet, die für die Projektion der Öffnung 9 auf eine Kornea 13 eines Auges eines Patienten verwendet wird. Soweit die Öffnung 9 und die Kornea 13 in einer konjugierten Abstandsbeziehung relativ zu der Projektionslinse 11 sind, wird der Bereich, der durch die Öffnung 9 eingeschränkt ist, auf die Kornea 13 fokussiert, wodurch der Ablationsbereich eingeschränkt wird.

Mit Bezugszeichen 12 ist ein dichroitischer Spiegel bezeichnet, der die Eigenschaft zum Durchlassen von sichtbarem Licht hat, während der Excimerlaserstrahl von 193 nm reflektiert wird, und der Laserstrahl durch die Projektionslinse 11 um 90° mittels des dichroitischen Spiegels 12 umgelenkt wird, so daß er auf die Kornea 13 des Auges des Patienten geführt wird.

Während der Behandlung wird das Auge des Patienten vorab so positioniert, daß es an einer vorgegebenen Stelle lagefixiert ist (da eine Positionierungseinheit weniger zur Erfindung gehört, werden weitere Details erspart).

Mit dem Bezugszeichen 14 ist ein optisches System zur Beobachtung gezeigt, welches ein chirurgisches binokulares Mikroskop enthält und welches vorzugsweise oberhalb des dichroitischen Spiegels 12 positioniert ist. Hinsichtlich des binokularen optischen Systems zur Beobachtung können herkömmliche Arten verwendet werden, so daß die Beschreibung hierin weggelassen werden kann, da die Konstruktion nicht die Erfindung betrifft.

Mit dem Bezugszeichen 20 ist eine Steuerungseinheit bezeichnet, die alle Vorrichtungen einschließlich der La-

serquelle 1, die Antriebsvorrichtung 4 für die unterteilten Masken, die Spiegelantriebsvorrichtung 6, die Bildrotationsantriebsvorrichtung 8, die Öffnungsantriebsvorrichtung 10 und dergleichen steuert. Mit Bezugszeichen 21 ist eine Dateneingabevorrichtung bezeichnet, die zur Eingabe von Daten des die Kornea betreffenden Form des Patientenauges und dergleichen verwendet wird.

Bezüglich der Apparatur mit obengenanntem Aufbau wird im nachfolgenden die Arbeitsweise beschrieben.

Zuerst wird die Korrektur der Brechung unter Verwendung des Laserstrahles deutlich beschrieben. Die Kornea des Auges eines Patienten wird bezüglich der Vorrichtung in einer vorgegebenen Stellung gehalten. Der Ablationsbereich und dessen Form werden in Erweiterung auf die Programme festgelegt, die in der Steuerungseinheit 20 abgespeichert sind und auf Daten zurückgehen, beispielsweise der Brechkraft und dergleichen, welche vorab mittels der Dateneingabevorrichtung 21 eingegeben wurden, womit die Betriebsweise der Vorrichtung kontrolliert wird. Im Fall der Korrektur der Brechung sind alle Masken der unterteilten bzw. der unterteilbaren Maske 3 zur Benutzung so vorbereitet, um freigegeben werden zu können.

Im Fall der Korrektur der Myopie bzw. Kurzsichtigkeit, wird der Laserstrahl durch eine Öffnung 9 eingeschränkt, und dann wird der Laserstrahl in Richtung der Gauß-Verteilung bewegt, indem der Planspiegel 5 dementsprechend bewegt wird. Jedesmal dann, wenn der Laserstrahl aufgehört hat, sich von einem Rand zum anderen Rand der Fläche zu bewegen, wird die Bewegungsrichtung des Laserstrahls durch den Bildrotator 7 gedreht, um die konvexen Teile zu entfernen, so daß die Kornea eine gleichförmige und kreisförmige Gestalt hat. Durch eine entsprechende Variation der Größe der Öffnung 9 wird der Mittelteil der Kornea tiefer ablatiert, wohingegen deren Umfangsabschnitt flacher ablatiert wird. Damit wird die Korrektur einer Myopie bzw. Kurzsichtigkeit durchgeführt.

Im Fall der Korrektur einer Hypermetropie bzw. Übersichtigkeit wird erstens der Durchmesser der Öffnung 9 fixiert, um den Ablationsbereich einzuschränken. Der Laserstrahl wird dann verschoben, indem der Planspiegel 5 relativ zur optischen Achse L bewegt wird, wobei die Ablation durch Drehung des Bildrotators 9 mehrfach wiederholt wird, so daß die Kornea so ablatiert wird, daß sie eine Ringgestalt aufweist bzw. ringförmig ist. Falls die Anzahl der Bestrahlungsimpulse (Bestrahlungszeit) als Reaktion der Verschiebung aufgrund der nacheinander folgenden Bewegung zwischen der optischen Achse L und dem Laserstrahl erhöht werden muß, wird die Ablation dann derart ausgeführt, daß der Mittelteil flacher und der Umfangsabschnitt tiefer sein kann, um damit die Korrektur der Hypermetropie durchzuführen. Die Steuerung einer Korrekturspannung geht einher mit der Änderung der Gesamtzahl der Strahlungspulse, ohne daß dabei das Verhältnis der Anzahl der Strahlungspulse (Strahlungszeit) an jeder Position des Laserstrahls geändert wird, welcher von der optischen Achse L durch eine Bewegung des Planspiegels 5 verschoben wird. Detailliertere Angaben der Korrektur einer Hypermetropie ist in der japanischen Anmeldung Nr. HEI 6(1994)-166231 (Überschrift der Erfindung "APPARATUS FOR USE IN OPERATING A CORNEA") erwähnt, welche der US-Patentanmeldung mit laufender Nr. 08/466,430 von einem der Anmelder dieser Erfindung entspricht.

Als nächstes wird nachfolgend die Arbeitsweise be-

schrieben, mit der selektiv lediglich die konvexen Teile der Kornea entfernt werden, die einen unregelmäßigen Astigmatismus und dergleichen aufweist.

Zu Anfang wird davon ausgegangen, daß die Kornea 13 mit konvexen Teilen, welche durch schräg verlaufende Linien in Fig. 5 gezeigt sind, so ablatiert wird, daß die konvexen Teile entfernt werden und eine sphärische Oberfläche verbleibt. Vorerst werden die Daten der Oberflächengestalt der zu ablatierenden Kornea 13 anhand der Dateneingabevorrichtung 21 eingegeben. Die Steuerungseinheit 20 vollzieht die Ablation aufgrund der Daten der Oberflächenform, indem die Stellung des Spiegels 5, in die er bewegt wurde, und der Öffnungs- und Schließmechanismus für die streifenförmige Maske der unterteilten Maske 3 gesteuert wird. Obwohl der Spiegel 5 unter der Bedingung bewegt wird, daß er mit dem Laserpuls synchronisiert ist, wird um die Beschreibung deutlich zu machen, der Planspiegel jedesmal bewegt, wenn ein Schuß durchgeführt ist.

Bevor der erste Schuß vorgenommen wird, wird der Spiegel 5 an dem Rand der Kornea positioniert. Die projizierte Position des Laserstrahls auf dem Planspiegel 5 ist am Rand der Kornea, welche durch die in Fig. 6a gezeigte gestrichelte Linien gekennzeichnet ist. Da jedoch in dieser Position keine konvexen, zu ablatierenden Teile vorhanden sind, sind alle streifenförmigen Masken der unterteilten Maske 3 durch die Steuerungseinheit 20 geschlossen gehalten. Der durch die Laserstrahlquelle 1 ausgesendete Laserstrahl wird vollständig durch die unterteilte Maske 3 abgeschnitten, so daß die Kornea 13 nicht ablatiert wird.

Bevor der zweite Schuß durchgeführt wird, wird der Planspiegel 5 unter der mit dem Laserpuls synchronisierten Bedingung bewegt, wobei der Planspiegel 5 über eine konstante Distanz durch die Steuerungseinheit 20 bewegt wird. Da die projizierte Position des Laserstrahls an der in Fig. 6 gezeigten Stellung ist und ebenso keine zu ablatierenden Teile vorhanden sind, verbleibt die gesamte unterteilte Maske 3 geschlossen. Der Laserstrahl wird vollständig abgeschnitten und die Kornea 13 wird ebenso nicht ablatiert.

Bevor der dritte Schuß durchgeführt wird, wird der Spiegel über eine konstante Distanz in ähnlicher Weise bewegt. Die projizierte Position des Laserstrahls liegt gemäß der gestrichelten Linie, wie in Fig. 6(c) gezeigt, vor. Da der zu ablatierende, konvexe Teil an dieser Position vorhanden ist, wird die Antriebseinheit 4 der unterteilten Maske in Betrieb genommen und durch die Steuerungseinheit 20 aufgrund der Daten von der Gestalt der konvexen Teile gesteuert, wodurch die streifenförmigen Teile der unterteilten Maske 3, welche den konvexen Teilen entsprechen, selektiv geöffnet werden. Der Laserstrahl wird durch den geöffneten Teil der Maske auf die Kornea 13 gestrahlt, so daß die konvexen Teile, welche durch die schräg verlaufenden Linien in Fig. 6c gekennzeichnet sind, ablatiert werden können.

Bevor der vierte Schuß durchgeführt wird, wird die projizierte Position des Laserstrahls durch die Bewegung des Planspiegels 5 auf eine wie durch die gestrichelten Linien in Fig. 6(d) gekennzeichnete Stellung positioniert, wobei dann die Maskenteile der unterteilten Maske 3, welche den konvexen Teilen entsprechen, geöffnet werden, so daß der mit Querlinien gekennzeichnete Teil der Kornea 13 ablatiert wird. Bevor der fünfte Schuß auf gleiche Weise durchgeführt wird, wird der mit schräg verlaufenden Linien in Fig. 6(e) gekennzeichnete Korneateil durch die Bewegung des Spiegels 5 und durch den Öffnungs- und Schließvorgang bezüglich der

Maskenteile der unterteilten Maske, die dem konvexen Teil entsprechen, ablatiert.

Wenn diese Schritte bis zum in Fig. 6f gezeigten, n-ten Schuß wiederholt werden, wurde der Laserstrahl durch den Planspiegel 5 zum anderen Rand auf der gegenüberliegenden Seite bewegt, so daß die Ablation über die gesamte Fläche vervollständigt wurde.

Wie oben beschrieben ist, wird die Laserbestrahlung aufgrund der Daten der Gestaltungsform des konvexen Teils der Kornea 13 durchgeführt, indem die Bewegung des Laserstrahls durch den Planspiegel 5 und den Öffnungs- und Schließvorgang für jede streifenförmige Maske der unterteilten Maske 3 gesteuert wird, und ebenso wird, falls es bis zu der Position, welche durch die schräg verlaufenden in Fig. 5 gezeigten Linien gekennzeichnet sind, wiederholt wird und aufgrund der Höhenangaben des konvexen Teils entfernt wird, dann der durch schräg verlaufende Linien gekennzeichnete Teil entfernt, wobei dann die Kornea 13 als sphärische Oberfläche ausgebildet ist.

Da die Ablationstiefe an einer bestimmten Stelle aufgrund des Verhältnisses zwischen der Intensität des Laserstrahls pro Puls und der Anzahl der Bestrahlungspulse tatsächlich herausgefunden und festgelegt wird, wird der Öffnungs- und Schließvorgang für jede streifenförmige Maske an der Stelle des Laserstrahls, an die er bewegt wurde, in Übereinstimmung mit diesem Verhältnis festgelegt.

Die vorangehende Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wurde zu Zwecken der Illustration und Beschreibung vorgestellt. Es ist nicht beabsichtigt, daß dies erschöpfend ist oder die Erfindung auf eine bestimmte offenbarte Form beschränkt wird, wobei Modifikationen und Variationen im Lichte der obengenannten Lehre möglich sind oder durch die Verwendung der Erfindung bekannt werden. Die ausgewählte Ausführungsform wurde beschrieben, um das Prinzip der Erfindung und seine praktischen Anwendungen zu erläutern, damit der Durchschnittsfachmann in die Lage versetzt werden kann, die Erfindung in verschiedenen Ausführungsformen und mit verschiedenen Modifikationen einzusetzen, welche geeignet sind, für eine besondere Anwendung herangezogen zu werden. Ferner ist beabsichtigt, daß der Erfindungsgedanke durch die hier beigefügten Ansprüche und deren Äquivalente festgelegt wird.

Die Erfindung beschreibt eine Ablationsvorrichtung zum effizienten Entfernen eines lediglich konvexen Teils auf einer rauen Oberfläche innerhalb kurzer Zeit, bei der vorgesehen ist ein optisches System zum Aussenden von Licht, um einen Laserstrahl auf ein zu ablatierendes Objekt von einer Laserstrahlquelle auszusenden, wobei der Laserstrahl eine flache rechteckige Form aufweist, eine Strahlbewegungseinheit zum Bewegen des Laserstrahls in eine Richtung, die die optische Achse des optischen Systems zum Aussenden von Licht schneidet, eine Unterteilungs- und Abschirmeinheit zum selektiven Unterteilen einer langseitigen Richtung bzw. Seite des Laserstrahls, dessen Querschnitt eine rechteckige Gestalt ist, und zum selektiven Abschirmen derselben, eine Dateneingabeeinheit zur Eingabe von Daten, die sich auf einen Ablationsbereich des Objektes beziehen, und eine Steuerungseinheit zum Steuern des Zustandes, welcher durch das Abschirmen aufgrund der Unterteilungs- bzw. Abschirmeinheit an entsprechende Stellen des Laserstrahls hervorgerufen wird, welcher wiederum durch die Strahlbewegungseinheit aufgrund der eingegebenen Daten bewegt wird, die unter Verwendung der Daten-

eingabeeinheit eingegeben wurden, wobei die konvexen Teile des Objektes, dessen Oberfläche rauh ist, von dem Laserstrahl durch die Unterteilungs- und Abschirmeinheit und der Strahlbewegungseinheit ablatiert wird.

## Patentansprüche

### 1. Ablationsvorrichtung mit:

einem optischen System zum Aussenden von Licht, um einen Laserstrahl auf ein zu ablatierendes Objekt auszusenden, wobei der Querschnitt des Laserstrahls auf einer senkrecht zu einer optischen Achse stehenden Fläche eine schlanke rechteckförmige Gestalt aufweist;

einer Strahlbewegungseinheit zum Bewegen des Laserstrahls in eine Richtung, die die optischen Achse des optischen Systems zum Aussenden von Licht schneidet;

einer Unterteilungs- bzw. Abschirmeinheit, um selektiv eine langseitige Richtung des Laserstrahls zu unterteilen, dessen Querschnitt eine rechteckförmige Gestalt hat, und um dieselbe selektiv abzuschirmen;

einer Dateneingabeeinheit zur Eingabe von Daten, die sich auf den Ablationsbereich des Objektes beziehen;

einer Steuerungseinheit zur Steuerung der Situation, die durch das Abschirmen mittels der Unterteilungs- bzw. Abschirmeinheit an entsprechende Stellen des Laserstrahls hervorgerufen wird, welcher durch die Strahlbewegungseinheit aufgrund der Daten bewegt wird, welche unter Verwendung der Dateneingabeeinheit eingegeben wurden;

wobei die konvexen Teile des Objektes, dessen Oberfläche rauh ist, durch den Laserstrahl ablatiert werden, welcher von dem optischen System zum Aussenden von Licht ausgesendet wird.

2. Ablationsvorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die Unterteilungs- bzw. Abschirmeinheit eine Vielzahl von streifenförmigen Masken aufweist, welche entlang der langseitigen Richtung des Laserstrahls angeordnet sind, dessen Querschnitt eine Rechteckform aufweist, und eine Vorhol- bzw. Rückholeinrichtung zum selektiven Vorholen der streifenförmigen Maske in das optische System zum Aussenden von Licht und zum Rückholen derselben aus dem optischen System zum Aussenden von Licht enthält, so daß die langseitige Richtung des Laserstrahls teilweise unterbrochen werden kann.

3. Ablationsvorrichtung gemäß Anspruch 2, wobei die Vorhol- bzw. Rückholeinrichtung eine Rotationseinheit zum Drehen jeder einzelnen streifenförmigen Maske enthält.

4. Ablationsvorrichtung gemäß Anspruch 2, wobei die Vorhol- bzw. Rückholeinrichtung eine Gleiteinheit zum Verschieben jeder streifenförmigen Maske aufweist.

5. Ablationsvorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei das Objekt eine Kornea ist.

### 6. Ablationsvorrichtung mit:

einem optischen System zum Aussenden von Licht, um einen Laserstrahl auf ein zu ablatierendes Objekt auszusenden, wobei der Laserstrahl einen Querschnitt mit einer schlanken rechteckförmigen Gestalt aufweist, welche eine nahezu gleichförmige Intensitätsverteilung des Strahls in einer Richtung und eine Gauß-Verteilung in einer anderen Richtung aufweist;

- einer Strahlbewegungseinheit zum Bewegen des Laserstrahls in Richtung der Gauß-Verteilung relativ zur optischen Achse des optischen Systems zum Aussenden von Licht;
- einer Unterteilungs- bzw. Abschirmeinheit zum selektiven Unterteilen der langseitigen Richtung des Laserstrahls, dessen Querschnitt eine rechteckförmige Gestalt aufweist und zum selektiven Abschirmen desselben;
- einer Dateneingabeeinheit zur Eingabe von Daten, die sich auf den Ablationsbereich des Objektes beziehen; und
- einer Steuerungseinheit zur Steuerung des Zustands, der durch das Abschirmen aufgrund der Unterteilungs- bzw. Abschirmeinheit an entsprechende Positionen des Laserstrahls hervorgerufen wird, wobei der Laserstrahl durch die Strahlbewegungseinheit aufgrund der Daten bewegt wird, die unter Verwendung der Dateneingabeeinheit eingegeben wurden;
- wobei die konvexen Teile des Objektes, dessen Oberfläche rauh ist, durch den Laserstrahl ablatiert werden, der von dem optischen System zur Aussendung von Licht ausgesendet wird.
7. Ablationsvorrichtung gemäß Anspruch 6, wobei der Laserstrahl eine Pulswelle ist, und die Strahlbewegungseinheit unter der Bedingung bewegt wird, daß sie mit dem Pulssignal synchronisiert ist.
8. Ablationsvorrichtung gemäß Anspruch 6, wobei die Unterteilungs- bzw. Abschirmeinheit eine Vielzahl von streifenförmigen Masken aufweist, die entlang der langseitigen Richtung des Laserstrahls angeordnet sind, dessen Querschnitt eine rechteckförmige Gestalt aufweist; und eine Vorhol- bzw. Rückholeinrichtung vorgesehen ist zum selektiven Vorholen der streifenförmigen Masken in das optische System zum Aussenden von Licht und zum Rückholen derselben aus dem optischen System zum Aussenden von Licht, so daß die langseitige Richtung des Laserstrahls teilweise unterbrochen wird.
9. Ablationsvorrichtung gemäß Anspruch 8, wobei die Vorhol- bzw. Rückholeinrichtung eine Rotationseinheit aufweist, um jede streifenförmige Maske zu drehen.
10. Ablationsvorrichtung gemäß Anspruch 8, wobei die Vorhol- bzw. Rückholeinrichtung eine Gleitvorrichtung aufweist, um jede streifenförmige Maske zu verschieben.
11. Ablationsvorrichtung gemäß Anspruch 6, wobei das Objekt eine Kornea ist.
12. Ablationsvorrichtung gemäß Anspruch 6, die ferner aufweist einen Bildrotator, um den Laserstrahl um die optische Achse des optischen Systems zum Aussenden von Licht zu drehen; und eine Öffnung mit einem variablen Durchmesser zum Einschranken des Ablationsbereichs.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

60

65

FIG. 1  
\*

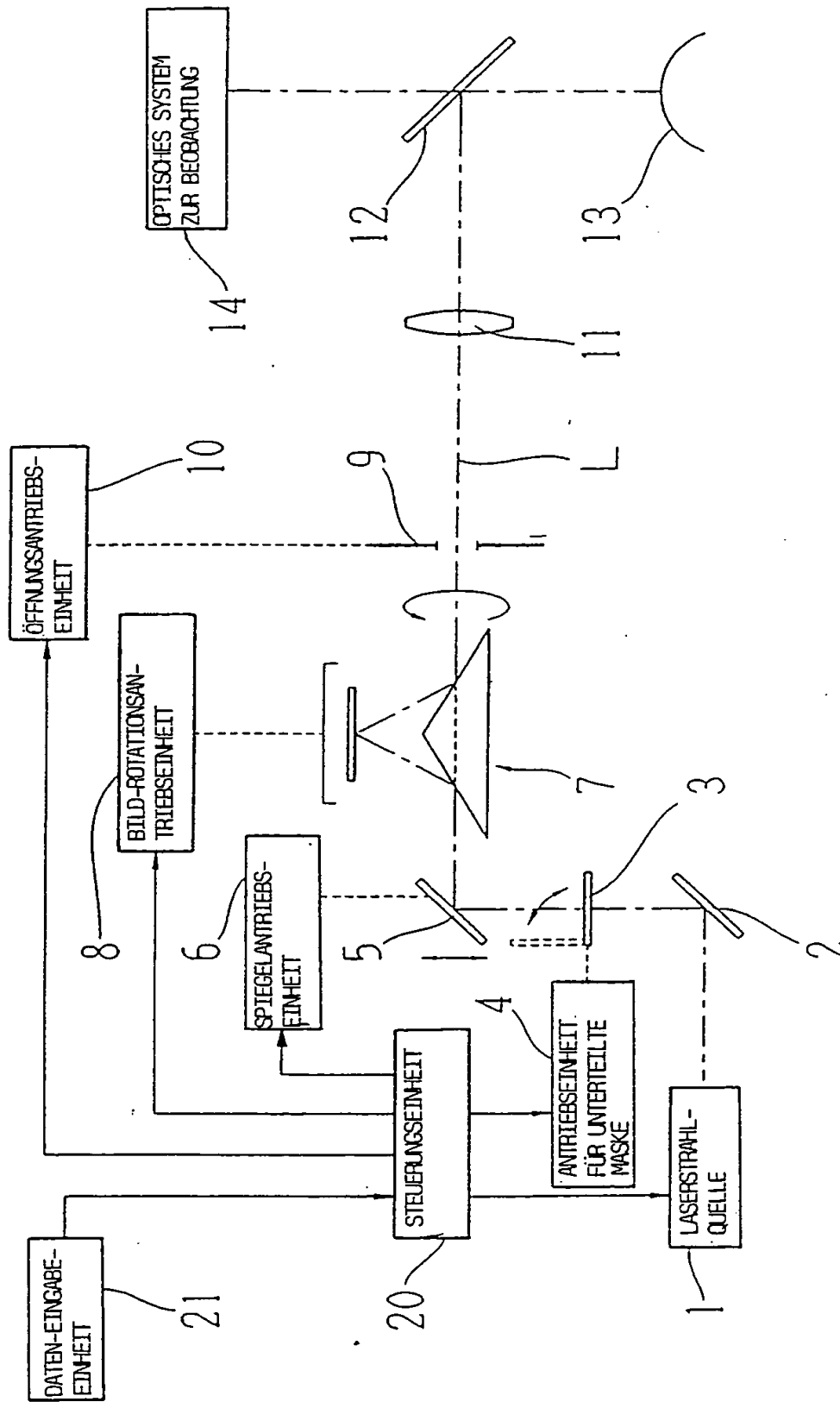


FIG. 2

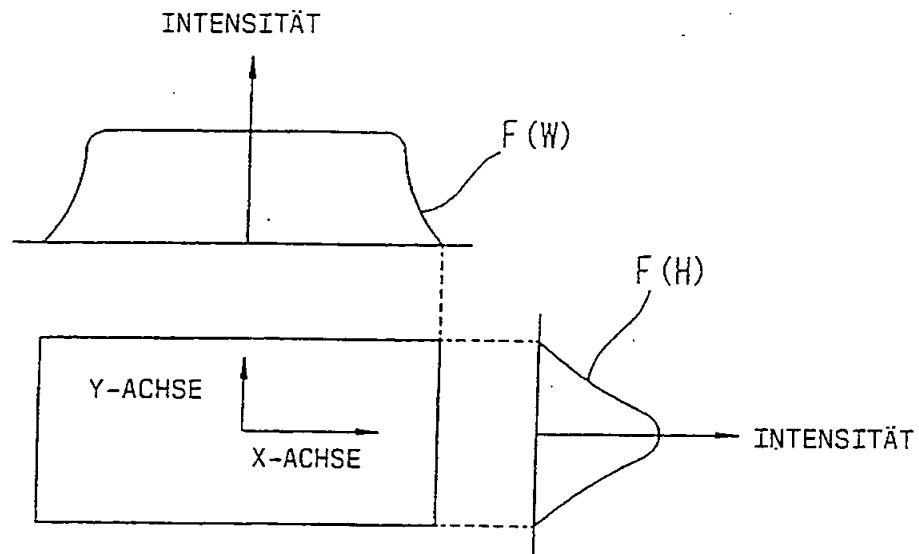


FIG. 3 (a)

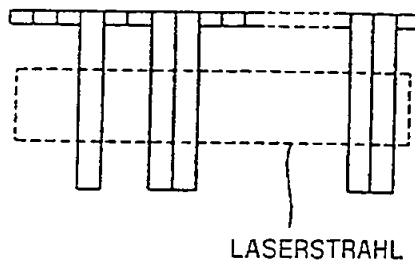


FIG. 3 (b)

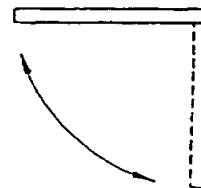




FIG. 4 (a)

FIG. 4 (b)

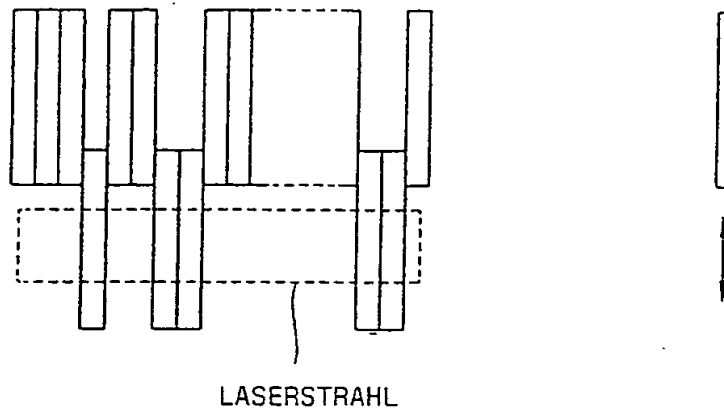


FIG. 5

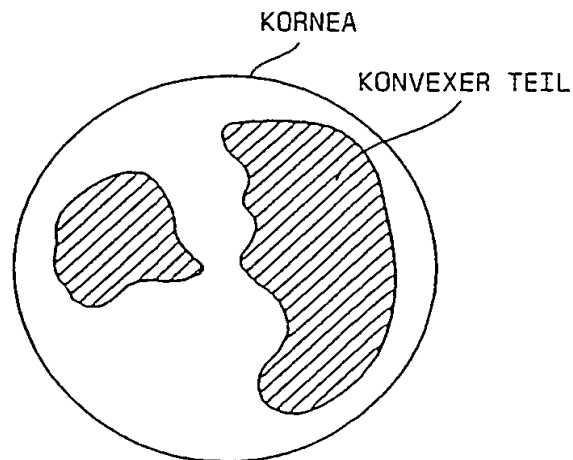


FIG. 6 (a)

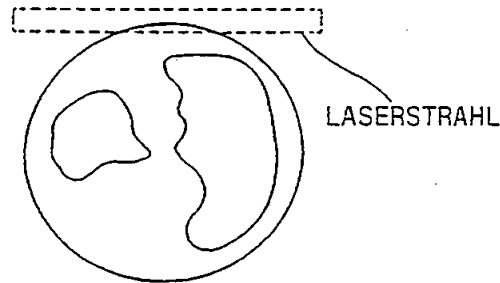


FIG. 6 (b)

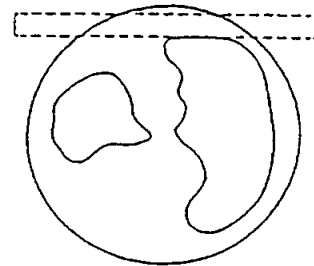


FIG. 6 (c)

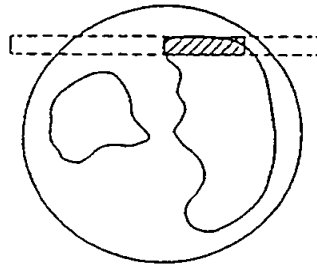


FIG. 6 (d)

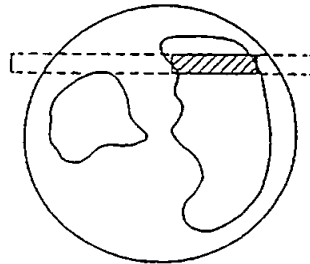


FIG. 6 (e)

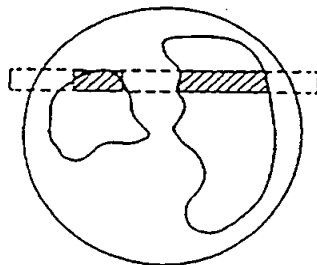


FIG. 6 (f)

